

УДК 796.012

**БИОМЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕТАНИЯ МОЛОТА
У СПОРТСМЕНОВ ВЫСОКОЙ КВАЛИФИКАЦИИ***канд. пед. наук ШАХДАДИ АХМАД НАВВАБ**(Университет Систана и Балучестана, Исламская Республика Иран)*

Представлены данные о характеристиках техники метания молота спортсменов высокой квалификации, полученные в результате исследований с применением методов биомеханического анализа. При этом выявлены временные диапазоны предварительного раскручивания и оборотов молота во вращательных движениях системы «молот – спортсмен», определена общая тенденция временной организации движений метателя. Показано, что выполнение движений в границах вариативности не ведет к техническому нарушению системы действия. Обнаружено, что большая длительность выполнения оборотов приводит к потере скорости вылета молота.

Введение. Исследование техники физических упражнений традиционно занимает существенное место в современной спортивной науке. При эффективной оптической регистрации двигательного действия возможно получение практически всех его кинематических и динамических характеристик. Спортивная биомеханика, представляющая собой одно из направлений общей биомеханики, в этом отношении не является исключением. Среди многочисленных задач этой науки по-прежнему ведущее место принадлежит изучению техники соревновательных и тренировочных упражнений, являющихся основным специфическим средством физического воспитания и спортивной тренировки. Поиск и обоснование наиболее рациональных способов выполнения физических упражнений и повышение их эффективности являются необходимыми условиями роста спортивного мастерства и залогом успеха в соревновательной деятельности спортсменов. Использование инструментальных методик в большинстве случаев предназначено для изучения частных вопросов технического мастерства. К настоящему времени исследования, связанные с биомеханическим анализом, показали свою эффективность в гимнастике, легкой атлетике [1 – 12]. Полученные результаты позволяют рассчитывать на эффективность использования такого подхода при обучении и совершенствовании техники метания молота. В связи с этим определение пространственно-временных характеристик метания молота и использование полученных результатов в совершенствовании ритмической структуры соревновательного упражнения в педагогическом процессе могут существенно повысить его эффективность.

Методы исследования. Для получения качественной и количественной информации о биомеханике исследуемого упражнения мы использовали следующие методы исследования:

- *видеосъемка.* Так как одним из направлений исследования техники метания молота являлся биомеханический анализ двигательных действий по материалам оптической регистрации движений, то в качестве одного из инструментальных методов исследований мы выбрали видеосъемку соревновательного упражнения в исполнении спортсменов высшей квалификации. Видеосъемка выполнялась серийной видеокамерой Canon SD750 с частотой 60 кадров в секунду в трех плоскостях, в соответствии с требованиями, принятыми и регламентированными в биомеханических исследованиях. Видеосъемка спортсменов по метанию молота проводилась в Стайках (07.06.2008, 29.06.2008, 19.07.2008, 27.07.2008), в Гродно (09.07.2008);

- *компьютерная обработка материалов видеосъемки.* В настоящее время методика компьютерной обработки результатов видеосъемки еще не нашла должного освещения в специальной литературе и поэтому в нашей работе мы ориентировались на исследования В.И. Загrevского [13], Д.А. Лавшука [14]. В работах авторов показана возможность использования средств компьютерной техники для обработки результатов видеосъемки соревновательных упражнений;

- *расчет биомеханических характеристик метания молота.* Данные о биомеханических характеристиках исследуемых движений были получены с использованием расчетных моделей анализа движений биомеханических систем [15]. С этой целью рассматривалась четырнадцатизвенная разветвленная модель опорно-двигательного аппарата тела человека. Определение линейной скорости и ускорения точки по материалам оптической регистрации движений. Линейная скорость суставов и центра масс звеньев тела определялась методом численного дифференцирования по результатам выполнения промера. Угловая скорость и ускорение звеньев тела. Первая и вторая производная от обобщенных координат (углы наклона звеньев биомеханической системы к оси) по времени, заданных в табличном виде, определялись из симметричных конечно-разностных отношений;

- *педагогические наблюдения.* Осуществлялись на соревнованиях регионального, национального и международного уровней, а также на олимпийской базе подготовки сборной команды Беларуси по легкой

атлетике в городе Минске (п. Стайки). Основное внимание в педагогических наблюдениях уделялось высококвалифицированным метателям молота, рассматривались и анализировались в русле качественно-биомеханического анализа лучшие результаты метателей, техника подготовительной, основной и заключительной фаз метания, техническое мастерство выполнения поворотов. По результатам педагогических наблюдений намечались участники лабораторных экспериментов в качестве демонстрантов. В исследовании принимали участие 12 спортсменов высокой квалификации.

Основная часть

Ритмическая структура предварительного раскручивания и оборотов молота. Для определения ритмической структуры в соревновательном упражнении метателей молота рассматривались временные характеристики отдельных фаз целостного движения и их соотношения по длительности выполнения.

Временная структура движений в различных компонентах метания молота. Временная структура движений в различных компонентах метания молота различается у спортсменов по многим параметрам. Так, выявлено, что временной диапазон первого предварительного раскручивания молота находится в пределах от 1,63 до 2,23 с. Среднее арифметическое рассматриваемого показателя равно 1,92 с. Во втором раскручивании молота его угловая скорость постепенно увеличивается, что приводит к сокращению времени всего второго цикла движения до 1,30 с. По сравнению с первым циклом движения время раскручивания молота уменьшилось на 0,62 с, что довольно существенно. Наименьшее значение рассматриваемого показателя составило 1,07 с. Наибольшее время полного цикла раскручивания – 1,93 с. Размах колебаний времени исполнения этой части метания молота исчислялся 0,86 с, что значительно больше, чем в первом цикле раскручивания (0,50 с).

Без рассмотрения управляющих вращательных движений спортсмена при подготовке к финальному броску выясним временную структуру движения молота в пространственной системе отсчета, приняв за один оборот молота поворот его радиус-вектора 360° .

В четырехциклической структуре оборотов молота наиболее продолжительным является первый оборот, совершаемый в среднем за 0,78 с. Размах временных характеристик выполнения этой части метания молота составляет 0,31 с, с минимальным временем первого оборота молота, равным 0,69 с, и с максимальным результатом 0,90 с. Второй оборот молота выполняется значительно быстрее, чем первый. Время полного оборота молота для группы в среднем составляет 0,52 с. Диапазон вариаций времени оборота молота равен 0,13 с, с минимальным значением 0,50 с и с максимальной величиной 0,63 с. По сравнению с первым оборотом молота происходит сужение воронки вариативности колебаний времени полного оборота у отдельных исполнителей. Отмечается также достоверное отличие по времени выполнения первого и второго оборотов молота ($t = 11,98$).

Для третьего оборота молота требуется в среднем 0,47 с. Колебания длительности выполнения этой части метания молота составляют 0,42 – 0,50 с. Амплитуда колебаний не превышает 0,08 с, что позволяет сделать вывод о том, что одновременно с уменьшением времени выполнения третьего оборота уменьшается и вариативность временной структуры движения. Отмечается также достоверное отличие по времени выполнения первого и второго оборотов молота ($t = 9,20$). Четвертый оборот молота, выполняемый на фоне набранной скорости в третьем обороте, еще более минимизирован по времени выполнения и равен в среднем 0,44 с.

Длительность выполнения спортсменами четвертого оборота молота колеблется от 0,39 с до 0,53 с, размах колебаний составляет 0,14 с. И хотя амплитуда колебаний времени в рассматриваемом структурном компоненте больше, а средняя арифметическая незначительно меньше, чем в предыдущем случае, следствием тенденции индивидуального уменьшения времени выполнения этой части метания является достоверность различий по длительности выполнения третьего и четвертого оборотов молота ($t = 2,16$). Общая тенденция организации временной структуры движений заключается в уменьшении времени выполнения каждого последующего структурного компонента метания.

Ритмическая структура предварительного раскручивания и оборотов молота. Временные характеристики одноопорной и двухопорной фаз в четырехциклической структуре поворотов метателя. Временные характеристики одноопорной и двухопорной фаз в четырехциклической структуре поворотов метателя являются одним из важнейших компонентов организации рациональной ритмической структуры метания молота.

Технические действия спортсмена после предварительного раскручивания молота начинаются с входа в первый поворот. Этот компонент техники метания молота рассматривался нами как слитное двигательное действие, включающее в себя две составные части, следующие одна за другой: вход молота и вход спортсмена в поворот. Общее время, затрачиваемое спортсменом на вход в поворот, в среднем составляет 0,42 с. С наибольшей скоростью анализируемое движение выполнялось за 0,33 с, с наименьшей – за 0,50 с. Следовательно, амплитуда вариации длительности входа в первый поворот составляет 0,17 с. Рассматривая отдельно каждую из составляющих частей входа в поворот, можно отме-

тить следующее. По длительности выполнения каждой части нет существенных различий: время выполнения входа молота в поворот составляет 0,22 с, входа спортсмена в поворот – 0,20 с.

Вышесказанное подтверждается и отсутствием достоверных различий между анализируемыми кинематическими структурами ($t = 0,88$). Величина амплитудных осцилляций по времени выполнения входа молота в поворот изменяется от 0,10 до 0,38 с, что составляет 0,28 с и свидетельствует о существенном разбросе анализируемых показателей, а также о различном времени начала входа спортсмена в поворот.

Индивидуальные колебания времени выполнения входа спортсмена в поворот отмечаются в пределах от 0,10 до 0,27 с. В рассматриваемом случае разброс показателей меньше, чем при входе молота в поворот, и равен 0,17 с. Таким образом, чем больше время входа молота в поворот, тем с большей двигательной активностью совершается вход спортсмена в поворот и меньше время, затрачиваемое на его выполнение.

Дальнейшие технические действия спортсмена целесообразно рассмотреть по длительности выполнения одноопорной и двухопорной фаз вращательного движения биомеханической системы «молот – спортсмен». Среднее время одноопорной фазы первого поворота для всех испытуемых составляет 0,28 с. Минимальное время вращения системы «молот – спортсмен» в одноопорной фазе первого поворота равно 0,21 с, максимальное – 0,37 с. Разница по времени выполнения этой части метания молота между наиболее быстрым и медленным исполнением у различных спортсменов составляет 0,16 с.

Двухопорная фаза первого поворота длится 0,35 с. Наименьшая длительность двухопорной фазы составляет 0,25 с, а наибольшая – 0,43 с. Достоверных отличий по времени выполнения одноопорной и двухопорной фаз в первом повороте не обнаружено ($t = 0,88$). Суммарное время выполнения одноопорной и двухопорной фаз, составляющее время выполнения первого поворота биомеханической системы «молот – спортсмен», равно 0,64 с. Разница по времени между наибольшей и наименьшей длительностью выполнения первого поворота спортсменами составляет 0,20 с. При этом наименьшее время поворота равно 0,50 с, а наиболее длительное выполнение ограничено 0,70 с.

Второй поворот выполняется по схеме первого: первоначально спортсмен выполняет вращение в одноопорной фазе. Затем следует двухопорная фаза вращательного движения системы «молот – спортсмен». Длительность одноопорной фазы составляет 0,25 с. Минимально затрачиваемое время на одноопорную фазу второго поворота отмечается равным 0,17 с, а максимальное время выполнения составляет 0,33 с. Длительность выполнения двухопорной фазы второго поворота составляет 0,26 с. Минимальное время выполнения рассматриваемой фазы движения составляет 0,20 с, а максимальное – 0,33 с. Между временем выполнения одноопорной и двухопорной фаз вращательного движения во втором повороте не существует достоверных различий ($t = 0,55$). Общее среднестатистическое время выполнения второго поворота равно 0,51 с. На наиболее скоростное выполнение поворота спортсменом затрачивается время, равное 0,40 с. Наиболее медленное выполнение анализируемого движения осуществляется за 0,56 с. Разница по сравнимым показателям составляет 0,16 с.

На выполнение второго поворота спортсмены затрачивают в среднем на 0,13 с меньше, чем на первый поворот. Такая разница по длительности выполнения анализируемых движений обеспечивает существенное достоверное различие между временем выполнения первого и второго поворота ($t = 5,20$). На выполнение одноопорной фазы в третьем повороте для среднестатистического спортсмена необходимо 0,24 с. Колебания по времени между наиболее и наименее продолжительным выполнением этой части метания молота у различных спортсменов отмечаются в пределах от 0,17 до 0,30 с. Двухопорная фаза третьего поворота в среднем длится столько же времени (0,24 с), что и длительность одноопорной фазы. Колебания времени выполнения этой фазы движения здесь более значительны, чем в одноопорной фазе, изменяясь от 0,17 до 0,40 с. Следствием равенства средних значений времени выполнения одноопорной и двухопорной фаз движения в третьем повороте нет достоверных различий ($t = 0,17$) по длительности их выполнения. На выполнение третьего поворота затрачивается время, равное 0,48 с. По длительности выполнения нет достоверных отличий третьего поворота от второго ($t = 1,23$).

Четвертый поворот завершает вращательное движение биомеханической системы «молот – спортсмен». В среднем рассматриваемый процесс длится для одноопорной фазы поворота 0,22 с, для двухопорной – 0,28 с.

По длительности выполнения существует достоверное отличие одноопорной фазы от двухопорной в третьем повороте ($t = 3,13$). Это отличие обусловлено дополнительным временем, необходимым для выполнения финальной части метания молота. В то же время между третьим и четвертым поворотами нет существенных и достоверных отличий ($t = 0,96$) по времени их выполнения. Общее время выполнения четвертого поворота, включая одноопорную, двухопорную и финальную фазы движений, составляет 0,50 с.

Анализ общего времени выполнения поворотов метателями высокой квалификации свидетельствует о плавном входе спортсменов в оптимальную временную зону и ее удержании, включая и четвертый, заключительный поворот. Отметим нарастающий характер длительностей отношений двух фаз с первого по третий повороты и существенный спад в четвертом повороте. Здесь отношение длительности

одноопорной к двухопорной фазе поворотов можно рассматривать как один из показателей технического мастерства метателей молота.

Пространственно-временные характеристики вращения молота и поворотов биомеханической системы «молот – спортсмен». Так как время выполнения каждого последующего структурного компонента метания молота имело тенденцию уменьшения, то логично предположить, что угловая скорость вращательных движений биомеханической системы «молот – спортсмен» должна постепенно увеличиваться.

Угловая скорость, угловое ускорение молота и их вариации в структурных компонентах. Существуют индивидуальные для каждого метателя колебания угловой скорости в отдельных структурных компонентах метания. В то же время отмечается общая тенденция увеличения угловой скорости молота при переходах от одной фазы движения к другой. В конце фазы 2-го раскручивания молота средняя угловая скорость радиус-вектора молота составляет 5,0 – 7,0 рад/с. В дальнейших вращательных движениях системы «молот – спортсмен» прирост скорости осуществляется практически по линейному закону вплоть до окончания второго поворота. К этому моменту времени достигается угловая скорость, равная 11,0 – 13,0 рад/с. В дальнейшем вследствие уменьшения углового ускорения молота происходит снижение в приросте его угловой скорости. Отличительной особенностью изменения тенденций в приросте угловой скорости биомеханической системы «молот – спортсмен» является завершение 3-го вращательного оборота. К этому моменту времени достигается до 98 % максимального значения угловой скорости вращения молота.

В завершающем, четвертом повороте набирается максимальная угловая скорость системы «молот – спортсмен», равная 12 – 14 рад/с, угловое ускорение снижается до 0 рад/с². Все внимание сконцентрировано на финальном усилии, и спортсмен непосредственно подготавливается к выполнению финальной части метания. Следует отметить тот факт, что нижняя граница вариации угловой скорости молота характеризуется тенденцией к уменьшению в четвертом повороте, что нецелесообразно по причине возможного последующего снижения линейной скорости вылета и является неиспользуемым резервом повышения дальности полета.

Из динамики изменения углового ускорения системы «молот – спортсмен», рассматриваемой на всей траектории метания молота, вытекает, что переломный момент в снижении прироста скорости наступает в средней части второго поворота. Ускорение достигает почти 5 рад/с² и в дальнейшем снижается до нуля.

Заключение. В ходе проведенного исследования выявлены временные диапазоны предварительного раскручивания и оборотов молота во вращательных движениях системы «молот – спортсмен». Определено, что общая тенденция временной организации движений заключается в уменьшении времени выполнения каждого последующего структурного компонента метания. С приближением к финальному усилию существенно уменьшается диапазон вариативности выполнения отдельных структурных компонентов метания молота по длительности и «сбой» на любом из них уже невозможно компенсировать.

Показано, что выполнение технических действий метателя в границах воронки вариативности не ведет к техническому нарушению системы движений; у спортсменов высокой квалификации отмечается ниспадающий характер длительности одноопорных фаз метания молота.

Определено, что временной ряд длительности выполнения двухопорных фаз в кинематических структурах вращательного типа «молот – спортсмен» у атлетов высокой квалификации имеет ниспадающий характер с некоторым «всплеском» в четвертом повороте; с первого по третий повороты биомеханической системы «молот – спортсмен» отмечается нарастающий характер длительностей отношения одноопорной фазы к двухопорной и существенный спад в четвертом повороте, что является характерным для спортсменов высокой квалификации; спортсмены высокой квалификации поддерживают положительное ускорение общего центра масс тяжести в зоне всех четырех структурных компонентов метания молота; большая длительность выполнения поворотов биомеханической системы «молот – спортсмен» приводит к потере линейной скорости вылета молота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агашин, Ф.К. Биомеханика ударных движений / Ф.К. Агашин. – М.: Физкультура и спорт, 1977. – 207 с.
2. Балтовский, А.И. Сравнительный анализ техники основного и вспомогательных упражнений метателей молота различной квалификации: автореф. дис. ... канд. пед. наук; 13.00.04 / А.И. Балтовский; Гос. орд. Ленина и орд. Кр. Знамени ин-т физич. культуры им. П.Ф. Лесгафта. – Л., 1974. – 17 с.
3. Бондарчук, А.П. Педагогические основы системы подготовки высококвалифицированных легкоатлетов-метателей (теория, методика, практика): дис. ... д-ра пед. наук в форме науч. докл.: 13.00.04 / А.П. Бондарчук. – М., 1987. – 33 с.
4. Воронкин, В.И. Система подготовки спортсменов высшей квалификации в легкоатлетических метаниях: учеб. пособие для студентов и слушателей Высшей школы тренеров ГЦОЛИФК / В.И. Воронкин. – М., 1984. – 91 с.

5. Екимов, В.Ю. Легкая атлетика в системе оздоровительных мероприятий: метод. материалы по преподаванию общ. курса «Легкая атлетика» по спец. «Физическая культура и спорт» / В.Ю. Екимов. – Минск, 1998. – 59 с.
6. Колодий, О.В. Исследование специальной подготовки метателей молота на предсоревновательном этапе основного периода тренировки: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / О.В. Колодий; ГДОИФК им. П.Ф. Лесгафта. – Л., 1970. – 26 с.
7. Кривонос, М.П. Исследование основных средств сопряженной физической и технической подготовки метателей молота высокой квалификации в соревновательном периоде: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / М.П. Кривонос; ВНИИФК. – Минск, 1970. – 31 с.
8. Масловский, Е.А. Динамика тренировочных нагрузок в течение 1968 – 1972 гг. у сильнейших метателей молота страны / Е.А. Масловский, М.П. Кривонос, А.А. Логинов // Система подготовки спортсменов высшей квалификации в легкоатлетических метаниях: учеб. пособие для студентов и слушателей Высшей школы тренеров ГЦОЛИФК. – М.: ГЦОЛИФК, 1984. – С. 14 – 21.
9. Ланка, Я.Е. Биомеханика толкания ядра / Я.Е. Ланка, А.А. Шалманов. – М.: ФиС, 1982. – 73 с.
10. Лутковский, Е.М. Обучение юношей метанию молота: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04 / Е.М. Лутковский; ГДОИФК им. П.Ф. Лесгафта. – Л., 1957. – 19 с.
11. Озолин, Н.Г. Современные системы спортивной тренировки / Н.Г. Озолин. – М.: ФиС, 1970. – 478 с.
12. Тутевич, В.Н. Теория спортивных метаний (механико-математические основы) / В.Н. Тутевич. – М.: Физкультура и спорт, 1969. – 312 с.
13. Загrevский, В.И. Современные методы исследований техники спортивных упражнений / В.И. Загrevский // Физическая культура, спорт, здоровый образ жизни в XXI веке: материалы междунар. науч.-практ. конф., Могилев, 9 – 10 дек. 2004 г. – Могилев: МГУ им. А.А. Кулешова, 2004. – С. 9 – 11.
14. Лавшук, Д.А. Оптимизация техники гимнастических упражнений на основе имитационного моделирования двигательных действий: автореф. дис. ... канд. пед. наук: 13.00.04, 01.02.08 / Д.А. Лавшук; РГУФК. – М., 2007. – 23 с.
15. Загrevский, В.И. Биомеханика физических упражнений: учеб. пособие / В.И. Загrevский. – Могилев: МГУ им. А.А. Кулешова, 2003. – 140 с.

Поступила 08.11.2013

BIOMECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE HAMMER THROW AT THE SPORTSMEN OF HIGH QUALIFICATION

AHMAD N. SHAHDADI

As a result of research using the methods of biomechanical analysis of the obtained data on the characteristics of equipment in the hammer throw sportsmen of high qualification. The identified time ranges prior unwinding and turns hammer in rotational motions of a system of "hammer – athlete" and defines a General trend temporal organization of movements thrower; it is shown that the performance of the movements within the boundaries of variability leads to a technical disruption of action; revealed that the long duration of the implementation of turns leads to a loss of speed departure hammer.